

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ КРИСТАЛЛИЗАТОРА ДЛЯ ЛИТЬЯ КРУГЛЫХ ПОЛЫХ И СПЛОШНЫХ СЛИТКОВ МЕДНЫХ СПЛАВОВ

NEW DESIGN OF CRYSTALLIZER FOR CASTING OF ROUND AND HOLLOW INGOTS FROM ALLOYS ON THE BASIS OF COPPER

А.Я.Часников¹, А.В.Зиновьев²

1. Вятский государственный университет, г.Киров, ac1945@yandex.ru

2. Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г.Москва
zinoviev@pdss.misis.ru

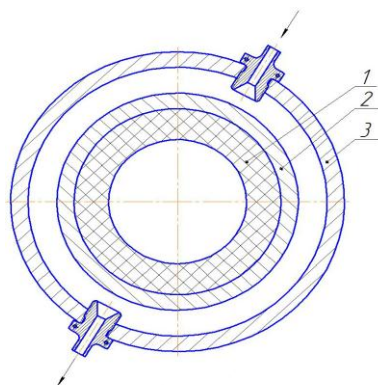
Abstract

I was carried out the study of conditions crystallization of round and hollow ingots from alloys on the basis of copper. It was marked pronounced uneven structure of macrostructure associated with the unequal conditions of cooling. New design of the horizontal graphite mould, allowing to receive homogeneous macrostructure blanks was offered.

При производстве плоско-овальных радиаторных трубок из латуни Л96 заготовку отливают в горизонтальном медно-графитовом кристаллизаторе, затем режут на мерные длины в трубу. Затем следует холодная прокатка и волочение с промежуточными отжигами до требуемого размера в соответствии с ГОСТ 2936.

После горячего прессования на поверхности труб выявляются глубокие продольные надрывы практически по всей длине в одном и том же месте трубы. Грубые надрывы делают невозможным дальнейшую холодную обработку на более тонкие размеры, при этом происходит вскрытие сквозных отверстий на готовой трубке. Такие заготовки отбраковываются, уменьшая суммарный выход годного. Незначительные дефекты подобного рода могут исчезать (вырабатываться) в процессах дальнейшего волочения, отжига и травления.

Для выяснения причин образования продольных надрывов при горячем прессовании исследовали особенности формирования макроструктуры в поперечном сечении заготовки, сложившейся при существующей [1] системе охлаждения медной рубашки кристаллизатора в установки горизонтального непрерывного литья (рис. 1).



1- графитовая втулка, 2 – медная рубашка, 3 – стальной корпус

Рис. 1 – Поперечный разрез кристаллизатора установки горизонтального непрерывного литья.

Макроструктура трубной заготовки при существующей системе охлаждения в продольном

и поперечном сечениях показана на рисунке 2. Характерной особенностью строения макроструктуры является то, что она имеет заметную разнотекучность. Размеры кристаллов изменяются от 1 до 10 мм они сосредоточены в диаметрально противоположных частях заготовки, образуя колонии крупных и очень мелких зерен. На рисунке 2 видно, что область крупных кристаллов формируется на участках интенсивного охлаждения - ввод свежей воды, а область мелких кристаллов формируется на участках отвода воды.

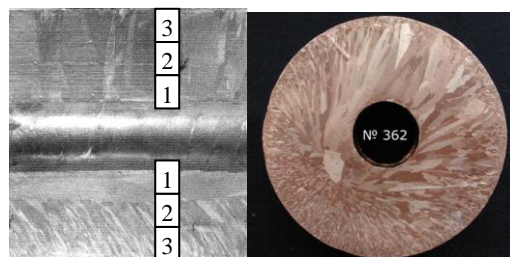


Рис. 2 – Макроструктура в поперечном и продольном сечениях трубной заготовки латуни Л96. 1, 2, 3 – точки определения твердости

Это хорошо согласуется с теорией затвердевания слитка [1], когда резкое охлаждение провоцирует рост кристаллов путем поглощения соседей из небольшого количества зародышей кристаллизации. Мелкие зерна формируются, когда подогретая вода поступает в зону охлаждения, где вероятность возникновения множества центров велика. Они растут одновременно, не выявляя преимуществ, мешая и измельчая друг друга. Измельчение макрозерна объясняется затравочным действием обломков кристаллов [1]. Поэтому при таких прямооточных схемах охлаждения в сплавах при одностороннем отводе тепла и наблюдается явная структурная неоднородность. Предварительный нагрев заготовки перед горячим прессованием в течение 70 минут при 800°C не устраняет структурную неоднородность, что согласуется с данными работы [2]. Естественно предположить, что механические свойства кристаллов будут разными. Для подтверждения этого было выполнено измерение твердости HRV

образцов латуни Л96 в поперечном сечении в трех точках по схеме измерения в области мелких и

крупных кристаллов (рис. 2). Данные по определению числа твердости сведены в таблицу.

Таблица 1 Твердость в поперечном сечении трубной заготовки

Твердость HRB					
область мелких кристаллов в точках			область крупных кристаллов в точках		
1	2	3	1	2	3
3,9	7,8	12,7	2,7	3,1	3,7

Измерения показали, что в области мелких кристаллов твердость выше, чем в области крупных кристаллов. Более низкие значения чисел твердости в области крупных кристаллов обусловлены попаданием индентора (стальной шарик диаметром 1 мм) на крупный кристалл, а в области мелких

кристаллов индентор попадает на границы между кристаллами, а они прочней из-за сегрегации примесей и оксидов. Изменение твердости по сечению литой заготовки в областях крупных и мелких кристаллов носит разную закономерность (рис. 3).

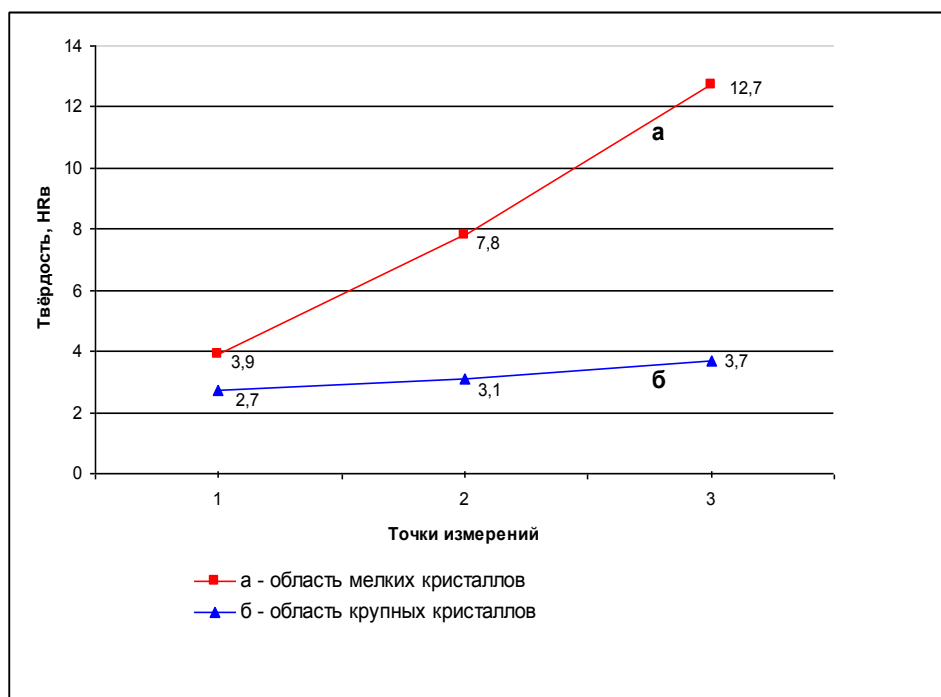


Рис. 3 – Изменение твёрдости в сечении по точкам измерений

В области крупных кристаллов изменение твердости от центра к периферии заготовки слабо зависит от расстояния измерения, тогда как в области мелких кристаллитов эта зависимость явно сильнее. Это еще раз подчеркивает существенную разницу механических свойств диаметрально противоположных участков литой заготовки, и разный, в связи с этим, характер деформируемости при прессовании. Кроме того, в области мелких кристаллов обнаружены новые образования – «штрих фазы». Исследование «штрих фазы» при больших увеличениях микроскопа показало, что она расположена в теле основного зерна и является, вероятно, выходом ветвей дендритов на поверхность кристаллита, а шлифовка и полировка в процессе приготовления микрошлифа лишь обнажила ее. При увеличениях микроскопа в 500 крат очевидна ее дискретность и регулярность. Как оказалось, механические свойства «штрих фазы» и тела зерна различны. Измеренная микротвердость

Нц (на рис. 4 хорошо видны отпечатки алмазной пирамиды) составила для фазы - 1700 – 1800 МПа, для чистого зерна - 800 – 1000 МПа. Это также один из факторов, объясняющих повышенную макротвердость в области мелких кристаллов.

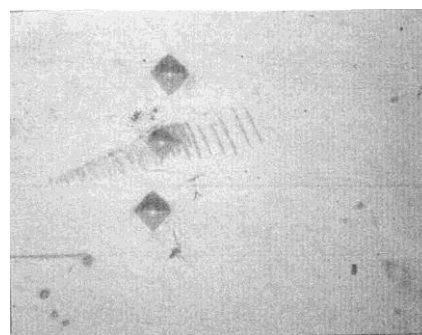


Рис. 4 – Отпечатки алмазной пирамиды прибора ПМТ – 3 при нагрузке 20Г. (x500)

Крупнозернистая, мелкозернистая и столбчатая структуры, которые отчетливо проявляются также в сечении сплошных круглых заготовок, имеют свои положительные и отрицательные стороны. Наиболее высокие механические свойства и отсутствие пористости отмечаются в мелкокристаллической зоне. Структура, сложенная из столбчатых кристаллов, также отличается отсутствием пористости. Однако, у столбчатой структуры есть одна особенность, состоящая в заметной анизотропии механических свойств. Значения прочности и пластичности вдоль столбчатых кристаллов могут на 30-50 % [1] отличаться от соответствующих значений в поперечном направлении. Это объясняется тем, что столбчатые кристаллы вытянуты по определенным кристаллографическим направлениям, т.е. образуется так называемая текстура кристаллизации, что особенно нежелательно в слитках, подвергаемых пластическому деформированию, так как может вызвать неожиданное разрушение их в ходе пластической деформации. Вследствие анизотропии свойств соседние зерна с разной ориентировкой относительно действующих напряжений будут деформироваться различно. Чем крупнее зерна, тем больше вероятность разрушения литой заготовки на начальных стадиях деформирования. Именно этой неравномерностью пластической деформации соседних зерен объясняется плохая технологичность при обработке давлением крупнозернистого материала [1].

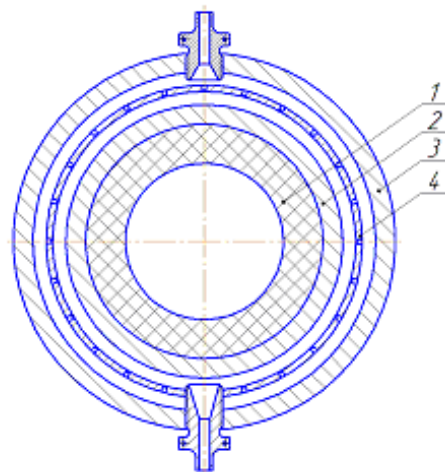
Из рассмотренного материала следует, что основной причиной образования трещин при горячем прессовании латуни Л96 является ее большая разнородность и существенная разница механических свойств составляющих макроструктуры. Исследователи [3-5] считают, что наиболее благоприятной структурой металла в слитке является мелкозернистая структура при равномерном распределении всех структурных составляющих по объему слитка. При этом металл с мелкозернистой структурой имеет более высокую пластичность, чем крупнозернистый [4]. Как объясняют авторы [4,6] у слитков с очень крупными столбчатыми кристаллами, идущими от поверхности к центру, была видна заметная трещина. При горячей прокатке такие слитки расслаивались.

Анализируя полученные результаты по изучению макроструктуры и механических свойств литых трубных заготовок латуни Л96 очевиден вывод о неадекватности макростроения сплава горячему деформированию (прессованию). Технологический опыт и специальные исследования показывают, что грубая и неоднородная структура слитков влияет в дальнейшем и на качество готовой продукции.

С целью улучшения горячей деформируемости трубной заготовки размером $\varnothing 102 \times 30$ мм из латуни Л96 и устранения дефектов прессованной трубы размером $\varnothing 30 \times 26$ мм необходимо изменить условия кристаллизации

заготовки для получения равномерной структуры по всему сечению. Искомый результат достигается за счет того, что в известном узле охлаждения графитового кристаллизатора поток воды, втекающий в охлаждающую рубашку, разделяется специальным душирующим устройством на определенное количество струй, которые с одинаковой температурой и давлением попадают на всю контактную поверхность внутренней полости медной рубашки. Данная конструкция обеспечивает равномерное охлаждение металлической заготовки. Затем вода из-под душирующего устройства через отводящий патрубок удаляется в обратную систему. На рис.5 представлена схема узла охлаждения графитового кристаллизатора.

Новый кристаллизатор [8] для горизонтального непрерывного литья заготовок состоит из: стального корпуса, водоохлаждаемой медной гильзы, душирующего элемента, который располагается в пространстве между корпусом и гильзой, в которой расположена графитовая втулка. При этом душирующим элементом служит перфорированный металлический цилиндр из термостойкого материала.



1 – графитовый кристаллизатор, 2- медная охлаждающая гильза,
3 – стальной корпус, 4 – душирующее устройство.
Рисунок 5 – Поперечный разрез усовершенствованного кристаллизатора

На рис. 6 представлена макроструктура поперечного сечения отливки, кристаллизованной в графитовой- втулке кристаллизаторе с применением душирующего устройства. Она выгодно отличается равномерностью в соответствии с законами кристаллизации величины зерна и свободна от недостатков, упомянутых ранее.



Рис.6 – Макроструктура поперечного сечения отливки, кристаллизованной с применением душирующего устройства

Таким образом, применение усовершенствованного кристаллизатора позволило повысить эффективность процесса и существенно улучшить, за счет сокращения брака, качество выпускаемой продукции.

Список литературы

1. Шатагин О.А., Сладкошteeв В.Т., Вартазаров М.А., Казаченко С.М., Терехов В.Н. Горизонтальное непрерывное литье цветных металлов и сплавов. М., Металлургия 1974г.-176 С.
2. Курдюмов А.В., Пикунов М.В., Чурсин В.М. Литейное производство цветных и редких металлов. М., Металлургия. 1982г. – 276С.
3. Brojchausen J. Einflussder Abkühlbedingungen auf die produktgualitat beim Stanghressstn von Kupfer «Metall» 1975, 29, Jg. №11.
4. Берман С.И. Прокатка листов и лент из тяжелых цветных металлов. М., «Металлургия» 1977. – 265 С.
5. Серебrenников В.Н., Мельников А.Ф. Горячая прокатка тяжелых цветных металлов и сплавов. М., «Металлургия» 1969 г. – 243 С.5
6. Зиновьев А.В., Часников А.Я., Потапов П.В. Физико-механические свойства и пластическая деформация меди и ее сплавов.М.:ИРИАС,2009.-260с.
7. Повышение эффективности производства листов, полос и лент из сплавов на основе меди и никеля. Зиновьев А.В., Шмурыгин Е.Г., Морозов Г.П. и др. – М., Металлургия,1996.-192 с.
8. Часников А.Я. Кристаллизатор непрерывного литья заготовок. Патент RU №125907